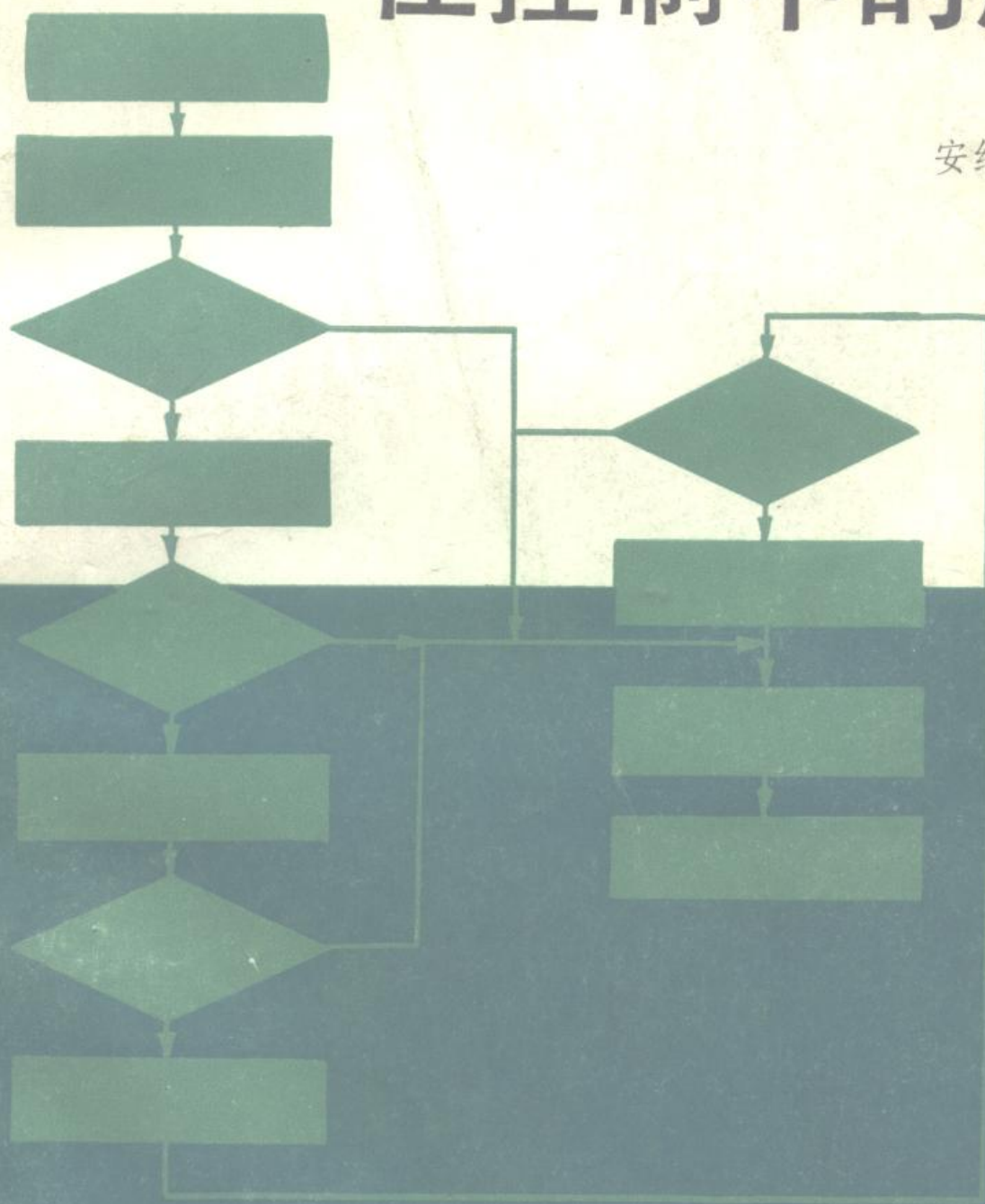


微型计算机及其 在控制中的应用

安维蓉 莫安民



测绘出版社

微型计算机及其 在控制中的应用

安维蓉 莫安民

测绘出版社

本书共分八章，主要内容包括：计算机的基础知识、微型计算机的一般结构、Z80 指令功能的分析、汇编语言程序设计、存储器的组成和设计、数据传输与中断结构、I/O 接口以及微型计算机的应用实例。

全书以解决微型计算机应用为目标，重点放在汇编语言程序设计、接口技术和微型计算机在生产实际中的应用。

本书可以作为大专院校“微型计算机及应用”课程的教材。也适合以应用为目的的微型计算机训练班教学使用或自学参考。

微型计算机及其在控制中的应用

安维蓉 莫安民

*

测绘出版社出版发行·新华书店经售

测绘出版社印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16·印张 25.25·字数 580 千字

1986 年 11 月第一版·1986 年 11 月第一次印刷

印数 0.001—8,500 册·定价 4.90 元

统一书号：15039·新 468

前 言

微型计算机由于成本低、体积小、重量轻、功耗小、可靠性高而广泛应用于各个领域。如工业、农业、交通运输、国防等部门的生产自动化,仪器仪表测试自动化,管理部门的管理自动化,科学计算和消费性电子商品等都离不开微型计算机的应用。实践证明:微型计算机的应用明显地提高了国民经济各部门的经济效益,推广微型计算机的应用已经成为当务之急。广大工程技术人员和管理人员迫切要求尽快掌握微型计算机知识,以便发展新技术和新设备,改造老技术和旧设备,以充分发挥本部门的生产能力和提高企业的管理水平。为适应这种需要,我们根据自己在北方交通大学计算机科学技术系和通信与控制工程系多年来讲授“脉冲数字电路”、“计算机原理”和“微型计算机及应用”等课程的讲稿,以及近几年应邀到一些单位举办的微型计算机应用训练班的讲稿基础上,吸收了电类、非电类科技人员、教师和学生的意见,并参考了国内外近年来出版的有关书籍和资料,经多次修改,综合整理写成本书。

不少读者反映,学习微型计算机,用起来困难,对微型计算机的应用感到望而生畏。为了解决这一问题,我们编写本书的指导思想是立足于应用,这是本书的主要特点。全书着重讲述了汇编语言程序设计和接口技术,辅以应用实例。在程序设计部分,本书以 Z80 CPU 为背景,对指令功能,程序设计的方法和技巧作了通俗易懂、直观形象的描述,并且提供了许多典型的汇编语言程序设计范例,为读者学会编制程序创造了条件。在接口技术部分,本书对 Intel 8212, Z80 PIO, Z80 CTC, Z80 SIO、D-A、A-D 和 Z80 DMA 等接口片的工作原理、使用方法作了详细的剖析,并给出了使用实例,为读者把微型计算机应用于生产中铺平了道路。在微型计算机应用部份,我们把从事微型计算机应用方面的一些研究成果献给了读者,作为实际应用示例。在介绍这些例子时,从总体方案构思,硬件设计,一直到程序编制都作了详细叙述,有些例子读者稍作修改便可移植到生产实际中去。

编写本书时,我们兼顾了不同专业人员学习的要求,这是本书另一特点。为了使非计算机专业的师生或缺乏计算机基础知识的科技人员能使用本书,书中第一章主要讲述了数制、逻辑代数、逻辑电路、计算机组成、指令、程序设计、堆栈技术和中断系统等计算机基础知识,为学习后续各章打好基础。对已具有数字电路和计算机基本知识的读者,第一章可以不读。

本书的第二至第八章可以独立自成体系。通过第二至七章的学习,读者可系统学习到微型计算机原理、汇编语言、硬件连接等方面知识,初步掌握微型计算机的应用方法。第八章给出了三个比较完整的应用实例,通过这章学习,读者对如何应用微型计算机将会建立一个整体概念。

为了使读者在学习过程中尽快做到理论联系实际,扎扎实实掌握微型计算机及应用方

面的知识，每章（除第八章外）后面均附有习题，在书末附有微型计算机常用英语缩写词汇及注释，供读者阅读本书及其它微型计算机资料时参考。

本书第一至第四章由安维蓉执笔、第五至第八章由莫安民执笔，全书由安维蓉统一定稿。

本书中部分程序是由沈为民、关世康、秦东晓、朱建华、任建宏等同志在毕业设计中编制，在此表示衷心感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中错误和不妥之处，在所难免，恳请读者批评指正。

作 者

1985 年 1 月

目 录

第一章 计算机基础知识	(1)
第一节 概述	(1)
一、电子计算机的发展简况.....	(1)
二、计算机的应用和今后发展动向.....	(3)
三、电子计算机的基本组成.....	(4)
四、衡量计算机性能优劣的主要技术指标.....	(4)
第二节 计算机的运算基础	(6)
一、进位计数制.....	(6)
二、二进制.....	(6)
三、八进制和十六进制.....	(7)
四、各种计数制间的转换.....	(8)
五、小数点在计算机中的表示.....	(11)
六、计算机中正负数的表示.....	(13)
七、二-十进制编码 (BCD 码)	(15)
八、ASCII 码	(16)
九、逻辑运算和算术运算.....	(16)
第三节 逻辑代数和逻辑电路	(22)
一、真值表与逻辑函数.....	(22)
二、逻辑函数的基本定律和定理.....	(23)
三、几种常用的逻辑电路.....	(26)
四、基本逻辑部件.....	(31)
第四节 计算机基本工作原理概述	(35)
一、模型机的结构.....	(36)
二、模型机的指令系统及程序设计.....	(39)
三、计算机工作过程概述.....	(48)
四、关于中断概念.....	(50)
五、电子计算机的程序系统——软件.....	(53)
习题	(54)
第二章 微型计算机概论	(57)
第一节 概述	(57)
一、几个名词的含义.....	(57)

二、微型计算机的分类·····	(58)
三、微型计算机的特点·····	(59)
四、微型计算机外部结构的特征·····	(60)
第二节 Z80 CPU ·····	(61)
一、一个由 Z80 CPU 构成的微型计算机系统·····	(61)
二、Z80 CPU 的结构·····	(61)
三、Z80 CPU 引脚信号的功能·····	(67)
四、Z80 CPU 的时序·····	(69)
习题·····	(76)
第三章 Z80 指令系统 ·····	(78)
第一节 Z80 的指令格式·····	(78)
一、单字节指令·····	(78)
二、双字节指令·····	(78)
三、三字节指令·····	(78)
四、四字节指令·····	(79)
第二节 Z80 的寻址方式·····	(79)
一、寄存器型寻址·····	(79)
二、隐含寻址·····	(80)
三、寄存器间接寻址·····	(80)
四、直接寻址·····	(80)
五、立即寻址·····	(81)
六、立即扩展寻址·····	(82)
七、可修改的零页面寻址·····	(82)
八、相对寻址·····	(83)
九、变址寻址·····	(84)
十、位寻址·····	(84)
第三节 Z80 指令系统·····	(85)
一、数据传送与交换指令组·····	(85)
二、数据块传送和查找指令组·····	(88)
三、输入/输出(I/O) 指令组·····	(91)
四、算术和逻辑运算指令组·····	(92)
五、循环移位和移位指令组·····	(97)
六、转移、调用和返回指令·····	(101)
七、基本控制指令·····	(104)
八、位操作指令组·····	(109)
习题·····	(110)
第四章 微型计算机的程序设计 ·····	(111)

第一节 概述.....	(111)
一、微型计算机的程序设计语言.....	(111)
二、程序设计过程.....	(112)
三、汇编产品.....	(113)
四、流程图符号.....	(114)
第二节 Z80 汇编语言.....	(115)
一、汇编语言的基本结构.....	(115)
二、Z80 的伪指令.....	(118)
三、宏指令和宏汇编.....	(122)
四、条件汇编.....	(125)
第三节 Z80 汇编语言程序设计.....	(125)
一、简单程序.....	(126)
二、分支程序.....	(128)
三、循环结构的程序.....	(129)
四、子程序.....	(134)
五、算术运算程序.....	(139)
六、代码转换程序.....	(144)
习题.....	(147)
第五章 微型计算机的存贮器	(149)
第一节 半导体存贮器的分类.....	(149)
第二节 半导体存贮单元的读、写工作原理.....	(150)
一、静态 RAM.....	(150)
二、动态 RAM.....	(152)
三、掩膜型 ROM.....	(153)
四、PROM.....	(153)
五、EPROM.....	(154)
第三节 存贮器的设计.....	(155)
一、存贮器结构.....	(155)
二、存贮器芯片同 CPU 的连接.....	(158)
习题.....	(172)
第六章 微型计算机的数据传输和中断	(173)
第一节 微型计算机的数据传输方式.....	(173)
一、概述.....	(173)
二、四种数据传输方式.....	(174)
第二节 中断.....	(182)
一、中断申请信号的锁存.....	(182)
二、中断信号的屏蔽.....	(182)

三、中断的开放和关闭	(183)
四、中断源的查找	(183)
五、中断优先权的确定	(185)
六、一个实际的中断控制器——8214	(186)
七、中断控制器 8214 的应用	(189)
习题	(191)
第七章 微型计算机的 I/O 接口	(193)
第一节 概述	(193)
第二节 Intel 8212	(193)
一、引脚信号	(194)
二、逻辑结构	(194)
三、8212 逻辑功能的分析	(194)
四、8212 在微型计算机系统中的应用	(196)
第三节 Z80 PIO	(199)
一、概述	(199)
二、PIO 的逻辑框图	(200)
三、PIO 引脚信号的功能	(203)
四、PIO 操作说明	(206)
五、PIO 应用举例	(214)
第四节 Z80 CTC	(220)
一、概述	(220)
二、CTC 的框图及引脚	(221)
三、CTC 的两种工作方式	(225)
四、CTC 与 CPU 的硬件连接	(229)
五、CTC 应用举例	(230)
第五节 串行通讯及 Z80 SIO	(236)
一、串行通讯	(236)
二、SIO 框图	(241)
三、SIO 引脚说明	(243)
四、SIO 通道寄存器	(245)
五、SIO 中断系统	(257)
六、SIO 命令应用举例	(263)
七、SIO 程序设计举例	(264)
第六节 D-A 转换器	(271)
一、概述	(271)
二、DAC 0832 芯片	(273)
三、D-A 芯片应用举例	(275)

第七节 A-D 转换器	(281)
一、A-D 转换原理	(281)
二、ADC 0809 系列芯片	(284)
三、A-D 芯片应用举例	(288)
第八节 Z80 DMA	(293)
一、概述	(293)
二、DMA 内部逻辑结构及引脚信号的定义	(295)
三、DMA 的时序	(298)
四、DMA 编程及应用	(302)
习题	(312)
第八章 微型计算机在控制中的应用	(316)
第一节 微型计算机在自动电话交换机接通率和准确率测试仪中的应用	(316)
一、测试接通率和准确率的一般知识	(316)
二、硬件逻辑结构的设计	(318)
三、测试程序设计	(321)
第二节 用微型计算机对 Intel 8212 芯片进行检测	(331)
一、检测方法的构思	(332)
二、8212 芯片逻辑状态的分析	(332)
三、测试 8212 芯片 I/O 逻辑功能的硬件连接图	(333)
四、测试 8212 芯片 I/O 逻辑功能的软件流程图及源程序	(335)
五、测试 8212 芯片 $\overline{\text{INT}}$ 逻辑功能	(342)
第三节 微型计算机在自动恒温控制中的应用	(346)
一、被控制对象的特征	(346)
二、恒温控制的工作原理	(347)
三、硬件连接图	(350)
四、软件设计	(352)
附录一 Z80 指令表	(363)
附录二 Z80 与 8080 指令对照表	(383)
附录三 ASCII 码表	(386)
附录四 主要缩写词	(387)
参考文献	(393)

第一章 计算机基础知识

第一节 概 述

一、电子计算机的发展简况

电子计算机是一种能自动、高速、精确地完成各种信息存贮、数值计算、过程控制和数据处理的电子机器。它的发明和发展是二十世纪科学技术的卓越成就之一。它的出现，有力地推动着生产、科学技术与文化事业的发展。

从 1946 年世界上出现了第一台用电子管制造的电子数字计算机以来，电子计算技术有了飞跃的发展。电子计算机的计算速度由当时的每秒几千次提高到现在的每秒几十万次、几百万次，甚至上亿次。计算机的发展大致经历了以下阶段：

第一代，从 1946 年开始。这一代计算机元件采用电子管，称为电子管计算机。这种计算机的体积庞大，成本很高。运算速度一般为每秒几千次到几万次。这一阶段，软件主要使用机器语言，符号语言开始出现。

第二代，从五十年代末期开始。这一代计算机元件采用晶体管，称为晶体管计算机。这种计算机体积缩小，成本降低，可靠性提高，速度一般为每秒几万次到几十万次。

这一阶段，软件方面，已经建立如 FORTRAN、ALGOL、COBOL 等高级程序设计语言及其编译程序。此外还发展了各种单道与多道管理程序。

第三代，从六十年代后期开始。这一代计算机采用中小规模集成电路，称为集成电路计算机，在此期间，计算机体积进一步缩小，成本进一步降低，可靠性进一步提高，速度一般为每秒几十万次到几百万次。出现了机种多样化、生产系列化、结构积木化、使用系统化。小型机开始问世并迅速发展。

这一时期，出现了系统程序设计语言，为软件的生产提供了强有力的工具，同时管理程序发展为操作系统。此外还开展了对数据库系统、网络软件、软件理论等方面的研究。

第四代，从七十年代初期开始。这一代计算机采用大规模集成电路，称为大规模集成电路计算机。计算机的体积更小，成本更低，而可靠性和速度更为提高，大型电子计算机的计算速度每秒可达几千万次，甚至上亿次。同时全套电路只集中在一块硅片上的微处理器和微型计算机已开始出现，其体积小小到可以放在火柴盒里，重量只有几十克。与此同时，由若干台计算机组成的计算机网络已开始实际应用。

在这阶段中，操作系统更向高级发展，同时发展了数据库管理系统等。

应该指出：微处理器和微型计算机的发展和应用是这阶段人类技术革命的重大突破，它表现了强大的生命力。自从 1971 年末，第一代微处理器 INTEL 4004（它是四位并行单片微处理器）问世，迄今不到十四年，其速度发展之快、性能和集成度之提高，应用之广泛，影响之深远，远远超过了它的前辈——电子管计算机和晶体管计算机。现在一块单

片微型计算机的功能超过了五十年代初期占地上百平方米、功耗达数万千瓦的电子管计算机。今天一片十多美元的微型计算机，其性能可赛过十多年前价值十万美元的晶体管计算机。

微处理器和微型计算机的发展是与大规模集成电路技术发展分不开的。六十年代初期硅平面工艺和二极管晶体管逻辑电路的发展，促进了小规模集成电路的出现（SSI）。后来金属氧化物半导体（MOS）晶体管的出现，又极大地推动了大规模集成电路（LSI）的发展。那时，在一片几平方毫米的硅片上，已有可能容纳几千个晶体管，到1970年的前期，已经可以生产1K位存储器，这些技术和工艺已为生产微处理器和微型计算机打下了物质基础。可以这样说，微处理器和微型计算机是以电子计算为种子，以半导体集成技术为土壤培育出来的丰硕成果。

作为微型计算机的核心部件微处理器，从1971年问世以来大致经历了四个发展阶段：1971年出现INTEL4004，它是一种4位微处理器，这就是人们常说的第一代微处理器。其功能有限，本来不适用于作通用计算机，但是配以只读存储器（ROM），随机存取存储器（RAM），以及输入/输出接口片，便成了MCS-4微型计算机。把它装在电动打字机、照相机、电视机中，便赋予这些产品以一定的“智能”。这样，便引起了许多消费者和厂商的极大兴趣。所以，从1972年~1974年一批8位微处理器脱颖而出。例如INTEL8008，INTEL8080，Motorola的6800等等，这些就是人们常说的第二代微处理器。这一时期微处理器和微计算机的设计和生产技术已相当成熟，许多公司和厂商朝着以下几个方面做出努力：

- 提高集成度；
- 增强功能和提高速度；
- 降低成本；
- 减少组成微型计算机所需的芯片数目；
- 增加外围配套电路的种类并改善其功能；
- 把微处理器、存储器和输入/输出接口电路集成在一块硅片上。

经过上述艰苦努力，到了1975~1976年便出现了集成度更高，性能更强，速度更快的Z80微处理器，它是Zilog公司生产的一种8位微处理器，采用了NMOS技术，它的性能在许多方面都超过了INTEL8080。

到了1977年，超大规模集成电路（VLSI）工艺技术宣告成功。在一块硅片上可以集成一万个以上的晶体管，16K位、64K位的存储器也相继问世，从1978年开始，许多公司的16位微处理器，INTEL8086，Zilog公司的Z8000，Motorola公司的68000相继出现。与此同时，还出现了小型机的微型化，如DG公司的Micro NOVA机，DEC公司的LSI 11/23。16位微处理器便是微处理器的第三代。

到了八十年代初期，超大规模集成电路工艺进一步发展，已经可以在单片硅片上集成几十万个晶体管，于是出现了第四代微处理器。它的字长达32位，如贝尔实验室的Bellmac-32A的32位微处理器，INTEL公司的iAPX 432，National semiconductor公司的16032，Motorola公司的68020等。32位微处理器的出现，使微型机进入了一个崭新的时代，于是微型机的概念也发生了变化，从结构特点、功能、应用范围看，实质上是小

型机的微型化,例如 iAPX 432 其功能可与 IBM370/158 大型机相比美。

目前,8 位微处理器因软件齐全、价廉,仍处于主导地位,16 位微处理器出现才短短几年,但已达到普及应用阶段,32 位微处理器已经诞生。

二、计算机的应用和今后发展动向

由于微型计算机的出现,计算机的应用越来越广泛,现在已深入到各个领域,归纳起来大体可概括为以下几个方面:

1. 用于过程控制

利用计算机实现生产过程的实时控制,不仅可以大大提高自动化水平,提高控制的准确度,提高产品的质量,而且还降低了成本、减轻了劳动强度。因此,近年来在电力、机械、石油、铁路运输、轻工业等部门都得到了广泛的应用,且收到了很好的效果。

2. 用于仪器仪表

由于微处理器和微型计算机具有体积小,重量轻,功耗低,价格便宜等优点,它们已广泛应用于仪器仪表中,使得仪器仪表发生了重大变化。这类仪器仪表功能扩大了,它们具有数据存贮、数据处理、自动测试、自动校准及自动诊断故障的能力,从而大大提高了测量精度和测量可靠性。

3. 用于管理工作中的数据处理

所谓数据处理是指企业管理、会计、统计、资料管理和试验资料整理等大量数据加工、合并、分类等工作。

例如,用计算机进行企业生产计划、产品质量、劳动组织、仓库物资、经营销售等各方面的管理可以帮助企业管理人员作出正确的“决策”和判断,使得整个企业生产经营管理全过程按最优方案执行,从而大大提高企业管理水平。

4. 用于科学技术计算

在发展科学技术和生产中所遇到的各种数学问题的计算统称为科学技术计算。

计算机由于运算速度之高是其它运算工具无法比拟的,所以在科学技术计算中发挥了强大的威力。例如,航天工业中导弹和人造卫星的发射,天气预报的计算,土木建筑中大型厂房、大型桥梁、水坝的设计等等,无不是在计算机上进行的。

除了上述应用之外,近年来还兴起了“计算机辅助设计”,简称 CAD,是利用计算机部分代替人工进行各种产品的设计,模拟人脑的一部分职能。

随着计算机科学和理论的进一步发展,科学家们提出了第五代计算机的结构。它是一种能够处理知识信息的高级智能计算机,这种计算机具有下述功能:

- 问题求解及推理功能:每秒钟推理次数最高可达 100 兆~1 吉咖。
- 知识库管理功能:能在几秒钟内有效地检索推理所需的知识。
- 智能接口功能:允许用户通过说话,图象及自然语言与计算机对话。

无疑,第五代计算机的出现,必将进一步提高计算机的智能水平,加强人机联系,帮助人们迅速使用各种形式的信息,模拟未知的状况,开发未知的领域,为人类社会进步做出更大的贡献。

三、电子计算机的基本组成

电子计算机并不神秘，它的解题过程和人利用算盘解题的过程是很类似的。只是整个计算过程是自动进行的。

电子计算机通常是由以下几个主要部分组成：

1. 算术逻辑部件ALU：用来完成加、减、乘、除等算术运算和逻辑加、逻辑乘等逻辑运算。运算器内除加法器外，还包括一些寄存器用来临时存放参加运算的数据。
2. 存贮器：它是计算机的记忆装置，用来存放计算步骤、原始数据、中间结果及最后结果，即用来存贮程序和数据。存贮器内分成很多单元并分别编号，单元号称为地址。
3. 输入和输出设备：它们是实现人机对话的一种设备。在使用计算机解题以前，通过输入设备将计算中所用的原始数据和解题程序存入存贮器中保存起来。常用的输入设备有键盘、电传打字机、卡片读入机等。

输出设备是将计算结果或某些必要的信息传送给人们。例如在打印机上打印出来，或在终端显示器上显示出来。

4. 控制器：它是计算机的指挥中心，按照人们事先编好的程序(计算步骤)，控制计算机各部件自动协调地工作。

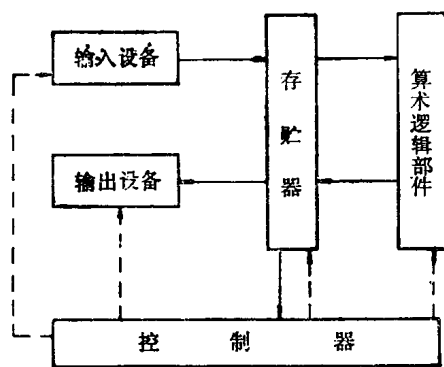


图 1-1-1 电子计算机组成框图

以上简单地介绍了电子计算机的主要组成部份的功能，图 1-1-1 给出了各部分之间相互联系的简单框图。图中实线表示数据传送的路径，虚线表示控制信号传送的路径。

如果把计算机解题和人用算盘解题相比，ALU 相当于算盘，存贮器相当于笔、纸，控制器相当于人。

在计算机中，ALU 和控制器再加上一些寄存器，合在一起通常称为中央处理器或中央处理机（即 CPU），它和存贮器一起构成计算机主机部分。而输入和输出设备通常称为外部设备或外围设备。

上述五部分都是由元器件组成的有形实体，因而一般称为硬件或硬设备，或称之为“裸机”。电子计算机只有硬设备并不能进行运算，因此，为了让计算机能按人的要求去工作，就必须事先把计算方法和步骤翻译成机器能懂得的语言即机器指令来表示，也就是说用机器语言编制解题程序。因为这些程序是无形的东西，所以称它为软件或软设备。

只有具备了硬件和软件，计算机才能自动地、高速地、连续地、高效地工作，完成各种各样的任务。

四、衡量计算机性能优劣的主要技术指标

一台计算机性能的优劣，是由它的系统结构、指令系统、硬件组成、外围设备情况以及软件是否齐全等因素决定的。只有综合各项指标，才能正确评价计算机性能好坏。下面

介绍几项主要技术指标。

(一) 字长

所谓计算机的字长,是指计算机内部一次可以处理的二进制数的位数。一般,一台计算机的字长由下列条件决定:

1. ALU 一次能处理的二进制位数;
2. 通用寄存器的位数或累加器的位数;
3. 数据总线的宽度;
4. 主存储器(即内存)的字长。

字长越长,它所表示的数精确度越高。在完成同样精度的运算时,字长较长的计算机比字长较短的计算机速度要快。例如 Z8000 是字长 16 位的微处理器,而 Intel 8080 是字长为 8 位的微处理器,要完成一个 16 位的加法操作, Z8000 只要执行一条加法指令,而 8080 就要执行多条指令才能完成。

(二) 存储容量

存储容量是衡量存储器存储二进制信息量大小的一个技术指标。通常用字节(8 位二进制为一字节)或字来衡量存储器的存储量。例如,某台计算机内存容量为 4096 字节,或某台计算机内存容量为 2048 字(设字长为 16 位)。一般情况下,我们习惯用 K 字节或 K 字作单位($1\text{K}=1024$)。上例中 4096 字节写作 4 K 字节, 2048 字写作 2 K 字。为了更清楚地表达存储器容量,除了给出字数外,还要考虑其字长。例如某机字长为 16 位,存储 32K 字,则存储容量为 32K 字 $\times$ 16 位。

存储容量是计算机功能强弱的一个重要指标,它决定了计算机能方便地进行处理的程序长度和数据量。

(三) 指令执行时间

指令执行时间长短反映计算机运算速度的快慢。其中,加法指令能在较大程度上反映出计算机运算速度的情况。

一般地说,字长越短,寻找存储单元地址速度越慢,平均执行指令时间就越长。

除了指令执行时间外,计算机指令系统的指令条数和功能强弱,也会影响计算机的处理能力。例如,在一些小型机和微型机中,没有设立乘法和除法指令,当需要执行乘法或除法操作时,就必然反复使用加法、移位、减法来实现,这样必然降低处理速度。

(四) 外围设备配备多寡

在现代的计算机系统中,外围设备将占据重要地位。在一部计算机系统硬件中,外围设备所占成本是总成本的绝大部分。一部计算机能配备多少外围设备,可采用哪些外围设备,对于程序的研制和系统接口都有重大影响。

(五) 通用寄存器数目

在计算机 CPU 内部通用寄存器的数目较多时,可用这些寄存器来保存最频繁使用的数据(操作数和中间结果),则可以减少与存储器打交道的时间。因为从内存存取一个数据要比从寄存器存取一个数据的时间要长得多。可以认为,寄存器组就是 CPU 内部一个高速的小存储器,它的存在对加快计算机的运算速度有重大影响。

(六) 软件

软件是计算机系统不可缺少的重要组成部分。它配备是否齐全，是关系到计算机性能好坏、效率能否充分发挥的重要因素。软件的可用性既影响用户程序的研制过程，又影响设计程序所需的工作量，良好的系统软件使用户能方便地完成用户程序的研制。

第二节 计算机的运算基础

在上一节中，我们初步介绍了计算机的一些概念，但并未涉及计算机中如何进行运算，其运算规则又是什么等问题。本节将要回答这些问题。

一、进位计数制

所谓进位计数制，就是一种计数方法，它是按进位的方式计数的。在日常生活中，人们最熟悉的是十进制数，它有十个不同的数字：0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9。数码所处的位置不同，表示数值的大小不同。例如十进制数 353.5，小数点右边这个“5”则表示 0.5（即 5×10^{-1} ），而小数点左边第二位的“5”则表示 50（即 5×10^1 ）。因此，这个数可写为

$$353.5 = 3 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1}$$

对于任意一个十进制数，可用下式表示：

$$D = d_m \cdot 10^m + d_{m-1} \cdot 10^{m-1} + \cdots + d_1 \cdot 10^1 + d_0 \cdot 10^0 + d_{-1} \cdot 10^{-1} + \cdots + d_{-n} \cdot 10^{-n} \quad (1-2-1)$$

其中 d_i 是 0 至 9 十个数码中的某一个， m 和 n 为正整数， 10^i ($i = m, m-1, \cdots, 1, 0, -1, -2, \cdots, -n$) 决定该位 d_i 在数中代表数值的大小，在数学上称 10^i 为“权”。每一位上的数码 d_i 与该位“权”的乘积表示该位数值的大小。另外，十进制中的“10”称为基数。它是逢十进一的，即当某位计满十时，向它的相邻高位进一。

十进制不是唯一的进位计数制，对于任意进位制数来说，基数可用正整数 B 来表示，这时数 S 可用下式表示：

$$S = \pm \sum_{i=-n}^m K_i B^i \quad (1-2-2)$$

式中， n, m 为正整数； K_i 是 $0, 1, \cdots, (B-1)$ 中的任一个； B 为基数。

在电子计算机中，广泛采用二进制，它的基数是 2，只有 0 和 1 两个数码。

二、二进制

对于一个任意的二进制数，我们可以用下式表示：

$$B = b_m \cdot 2^m + b_{m-1} \cdot 2^{m-1} + \cdots + b_1 \cdot 2^1 + b_0 \cdot 2^0 + b_{-1} \cdot 2^{-1} + \cdots + b_{-n} \cdot 2^{-n} \quad (1-2-3)$$

由此式不难得出以下规律：

- (1) 在二进制中，只有 0 和 1 两个数码，因此，式中 b_i 不是“1”，就是“0”；
- (2) 以 2 为基数，每个数位的“权”为 2^i ($i = m \sim -n$)，相邻高位的“权”是低位的 2 倍；

(3) 在加减法运算中, 采用“逢二进一”和“借1当2”的规则。

[例1] 求 $(5)_{10} + (4)_{10}$

由于 $(5)_{10} = (101)_2$, $(4)_{10} = (100)_2$, 于是

$$\begin{array}{r} (101)_2 \quad (5)_{10} \\ +) (100)_2 \quad + (4)_{10} \\ \hline (1001)_2 \quad (9)_{10} \end{array}$$

[例2] $(10)_{10} - (5)_{10}$

$$\begin{array}{r} (1010)_2 \quad (10)_{10} \\ -) (101)_2 \quad - (5)_{10} \\ \hline (101)_2 \quad (5)_{10} \end{array}$$

电子计算机中广泛应用二进制是因为它具有如下特点:

(1) 二进制只取两个数码“0”和“1”, 它的每一位数都可用任何具有两个不同稳定状态的物理元件来实现, 例如晶体管的导通与截止, 继电器的接通与断开, 这类二状态元件容易获得。

(2) 二进制的算术运算最简单。例如: 加法表示为

$$\begin{aligned} 0 + 0 &= 0 \\ 0 + 1 &= 1 + 0 = 1 \\ 1 + 1 &= 10 \end{aligned}$$

乘法表示为

$$\begin{aligned} 0 \times 0 &= 0 \\ 1 \times 0 &= 0 \times 1 = 0 \\ 1 \times 1 &= 1 \end{aligned}$$

(3) 采用二进制可以节省设备。

(4) 采用二进制, 可以用布尔代数来综合分析计算机中的逻辑线路, 为计算机的逻辑设计提供方便。

三、八进制和十六进制

二进制虽然在计算机中广泛使用, 但对于人们编制程序、阅读程序显得很不方便, 因为二进制数书写起来很长, 不容易辨认。所以, 通常在编写程序时, 人们往往喜欢用八进制或十六进制。

八进制中, 基数为8, 使用0、1、2、3、4、5、6、7八个数码, 相邻高位的“权”是低位的八倍。

在十六进制中, 基数为16, 使用十六个数码, 即0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。

十进制、二进制、八进制、十六进制数的对应关系如表1-2-1所示。